



日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 1月 6日

出 願 番 号

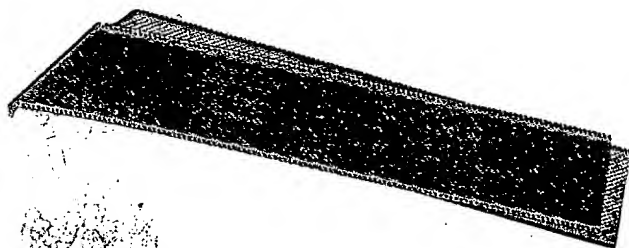
Application Number:

特願2000-001136

出 願 人

Applicant(s):

株式会社リコー
ラティス・テクノロジー株式会社

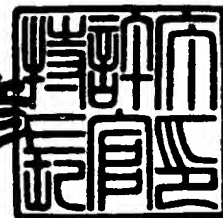


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3028502

【書類名】 特許願

【整理番号】 9908518

【提出日】 平成12年 1月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 17/00

【発明の名称】 可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法及びその曲面モデルからの格子ポリゴンモデル生成方法及びそれらの方法を実行するための記録媒体、及び曲面モデルの伝送／表示方法

【請求項の数】 8

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目13番7号 M a t r i c e 4
F ラティス・テクノロジー株式会社内

 【氏名】 原田 毅士

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目13番7号 M a t r i c e 4
F ラティス・テクノロジー株式会社内

 【氏名】 矢島 誠

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目13番7号 M a t r i c e 4
F ラティス・テクノロジー株式会社内

 【氏名】 脇田 玲

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区南青山2丁目13番7号 M a t r i c e 4
F ラティス・テクノロジー株式会社内

 【氏名】 鳥谷 浩志

【特許出願人】

 【識別番号】 000006747

 【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代表者】 桜井 正光

【特許出願人】

【識別番号】 598076605

【氏名又は名称】 ラティス・テクノロジー株式会社

【代表者】 鳥谷 浩志

【代理人】

【識別番号】 100079843

【弁理士】

【氏名又は名称】 高野 明近

【選任した代理人】

【識別番号】 100112324

【弁理士】

【氏名又は名称】 安田 啓之

【選任した代理人】

【識別番号】 100112313

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩野 進

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第 74588号

【出願日】 平成11年 3月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014465

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904834

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法及びその曲面モデルからの格子ポリゴンモデル生成方法及びそれらの方法を実行するための記録媒体、及び曲面モデルの伝送／表示方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 格子ポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を線形変換により算出するステップと、格子ポリゴンモデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの 3 次 B e z i e r 曲線による稜線の制御点を算出するステップよりなることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のステップに加えて、前記 3 次の B e z i e r 曲線によって囲まれたモデルを G r e g o r y 曲面により内挿するステップを有することを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法において、前記格子ポリゴンモデルに丸め情報を付加するステップをさらに有し、前記曲面モデルの頂点を線形変換により算出するステップは、前記丸め情報に基づいて前記頂点を算出ステップを有することを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法において、前記丸め情報は、前記格子ポリゴンモデルの任意の頂点及び／又は稜線に対する丸め情報であることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法。

【請求項 5】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法により算出した曲面モデルから、逆のステップを辿って前記格子ポリゴンモデルを生成することを特徴とする逆丸め操作による格子ポリゴンモデルの生成方法。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法、及び／又は、請求項 5 に記載の逆丸め操作による格子ポリゴンモデルの生成方法を実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ

読み取り可能な記録媒体。

【請求項 7】 曲面モデルを請求項 5 に記載した方法により格子ポリゴンモデルへ変換し、この変換された格子ポリゴンモデルに丸め情報を付加したラティス構造のデータを生成し、曲面モデルの伝送要求に応じて、このラティス構造のデータを伝送するようにしたことを特徴とする曲面モデルの伝送方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載した方法により伝送されたラティス構造のデータを解釈し、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載した方法により格子ポリゴンモデルから曲面モデルを生成し、この曲面モデルを表示するようにしたことを特徴とする曲面モデルの表示方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法及びその曲面モデルからの格子ポリゴンモデル生成方法及びそれらの方法を実行するための記録媒体、及び曲面モデルの伝送／表示方法、より詳細には、より厳密な曲面モデルを生成することのできる、完全に可逆性をもった丸め操作による曲面モデルの生成方法及びその曲面モデルからの格子ポリゴンモデル生成方法及びそれらの方法を実行するための記録媒体、及び曲面モデルの伝送／表示方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

格子ポリゴンモデルからなる形状は構造がシンプルでデザインしやすいという特徴がある。この格子ポリゴンモデルから曲面モデルを生成する手法として丸め操作がある。これを利用すれば、格子ポリゴンモデルを変形することにより、曲面モデルを容易に変形することができる。しかし、従来、曲面モデルを生成した場合、これを格子ポリゴンモデルに完全に復元する手法は提案されていなかった。このため、曲面モデルをいったん生成すると、この形状からだけでは、再度、格子ポリゴンモデルを利用して変形することはできなかった。

【 0 0 0 3 】

現在、ネットワーク環境において、3Dデータのやりとりは、頻繁には行われ

ていない。3次元データをネット転送する際の標準3D表現形式であるVRML (Virtual Reality Modeling Language) では、主にポリゴンと呼ばれる平面の集合によりデータを表現している。ところが、ポリゴン構造は厳密にデータを表現しようとすればするほど、データ量が膨大となるという欠点がある。特に曲面データを多く含むデータでは、多数のポリゴンが必要となるため、データ量が大きくなり、ネットワークを介したデータ転送の妨げとなっていた。また、ポリゴンで送られたデータ構造では、表示精度を下げることはできても上げることはできないという問題もあった。このように、3Dデータを高い品質で、かつ、少ないデータで表現できないために、3Dデータのネットワークでの活用は著しく妨げられてきた。

【0004】

一方、製造業で利用される3DCADの分野では、曲面データを厳密に持ったソリッドモデルを表現する手法が利用されており、IGES (Initial Graphic Exchange Specification) やSTEP (STandard for the Exchange of Product model data) のような標準的データ交換のフォーマットにも、これらのデータ表現がサポートされてきた。CADの世界では、生成した曲面形状を高精度で表現するために、トリム曲面と呼ばれる厳密な形状表現手法が利用されてきた。これらは、非常に精度の高い形状表現には適しているが、データ量が大きくなってしまい、ネットワーク環境で利用することは困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

従来、上述のごとき逆丸めの手法として、

(1) 特願平9-314697号

(2) 「丸め操作を用いた自由形状変形に関する研究」

中村敦、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文、1998.

(3) 「制御格子の自動生成による柔軟な曲面制御の一般化」

茶木祐一郎、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文、1998.

等の手法があった。しかし、これらの手法では、すべてのポリゴンを構成する面が同一平面上にならなければならない等、完全なものではなかった。

【0006】

また、別の手法として、Subdivision Surfaceという手法もあった。これはポリゴンモデルを細分化して、疑似的に曲面モデルを生成するという手法である。この手法も可逆性を有してはいるが、これはあくまで表示上の細分化されたポリゴンモデルを生成する手法であり、厳密な曲面モデルを生成する本発明の手法とは本質的に異なる。

【0007】

また、従来のネット上での表現形式であるVRMLは、ポリゴンをベースとしていた。ポリゴンデータは複雑な形状を表現しようとする、データ量が大きくなるという欠点がある。また、少量のデータで形状を表現しようとする、形状の表現能力が下がり、表示品質が低下してしまうという問題があった。

【0008】

本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、本発明による丸め操作は、格子ポリゴンモデルと同じ位相構造（形状の要素同士のつながり）を持った曲面モデルを生成し、かつ、二つのモデルの対応する各頂点をそれぞれ線形変換により算出することで、生成された曲面モデルから、元の格子ポリゴンモデルを逆生成することを可能にしたものである。

【0009】

上述のように、本発明は、与えられた格子ポリゴンモデルと位相構造が同等な曲面モデルを生成するものであり、これにより、格子ポリゴンモデル内部の各頂点と、曲面モデル内部の各頂点とを1対1に対応させ、対応する各頂点の座標値を1次変換で求められるように対応づけ、こうして求められた曲面モデルを構成する頂点から一意的に曲面モデルを構成する曲線の制御点を生成することにより、可逆性のある丸め操作を実装できるようにしたものである。

【0010】

本発明は、さらに拡張し、各格子ポリゴンモデルに丸め情報を持たせるようにして、外部から取り込んだ曲面モデルに対しても、ラティス構造のデータを生成できるようにしたものである。本発明は、すべての形状を内挿曲面データとして表現し、さらに、曲面構造を抽象化したラティス構造により表現することで、よ

り少ないデータ量で3D形状を表現することを可能としたものである。本発明は、さらに、ラティス構造のデータをサーバにおき、さらに、このラティス構造を解釈し、曲面データとして、さらにはその曲面データを詳細な細分化したポリゴンモデルで表示するビューワをクライアント側に置くことで、高速でかつリアルな3Dデータ転送及びその表示を実現できるようにしたものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、以下のSTEP1、STEP2から成ることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法である。

(STEP1)：格子ポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を算出する。この新しい頂点の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換により算出する。

(STEP2)：格子ポリゴンモデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。稜線は3次のBezier曲線により表現する。

【0012】

請求項2の発明は、請求項1の発明に加えて、更に、STEP3からなることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法である。

(STEP3)：3次のBezier曲線に囲まれたモデルをGregory曲面(Gregoryパッチ)により内挿する。これにより、格子ポリゴンモデルと同じ位相構造を持った曲面モデルが生成される。

【0013】

請求項3の発明は、請求項1又は2に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法において、前記格子ポリゴンモデルに丸め情報を付加するステップをさらに有し、前記曲面モデルの頂点を線形変換により算出するステップは、前記丸め情報に基づいて前記頂点を算出ステップを有することを特徴としたものである。

【0014】

請求項4の発明は、請求項3に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法において、前記丸め情報は、前記格子ポリゴンモデルの任意の頂点及び／又

は稜線に対する丸め情報であることを特徴としたものである。

【 0 0 1 5 】

請求項 5 の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法により算出した曲面モデルから、逆のステップを辿って前記格子ポリゴンモデルを生成することを特徴としたものである。

【 0 0 1 6 】

請求項 6 の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載の可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法、及び／又は、請求項 5 に記載の逆丸め操作による格子ポリゴンモデルの生成方法を実行させるためのプログラムを記録したことを特徴としたものである。

【 0 0 1 7 】

請求項 7 の発明は、曲面モデルを請求項 5 に記載した方法により格子ポリゴンモデルへ変換し、この変換された格子ポリゴンモデルに丸め情報を付加したラティス構造のデータを生成し、曲面モデルの伝送要求に応じて、このラティス構造のデータを伝送するようにしたことを特徴としたものである。

【 0 0 1 8 】

請求項 8 の発明は、請求項 7 に記載した方法により伝送されたラティス構造のデータを解釈し、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 に記載した方法により格子ポリゴンモデルから曲面モデルを生成し、この曲面モデルを表示するようにしたことを特徴としたものである。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第 1 の実施形態の構成および動作原理について説明する。

図 1 3 は、本発明の第 1 の実施形態で利用されるデータのデータ構造を示す図である。

頂点座標値テーブル 2 0 0 (図 1 3 (A)) は、ポリゴンモデル (格子ポリゴンモデル、又はラティスポリゴンモデルと呼ぶ) の各頂点の 3 次元座標値 (x , y , z) と、格子ポリゴンモデルの頂点に対して後述する STEP 1 の方法で求めた曲面モデルの頂点の 3 次元座標値とを保持するテーブルである。

面インデックステーブル 3 0 0 (図 1 3 (B)) は、格子ポリゴンモデルの各ポリゴン (格子ポリゴン、又はラティスポリゴンと呼ぶ) を構成する頂点を、頂点座標値テーブル 2 0 0 の何番目かを示すインデックス値の列として表している。テーブルのサイズは格子ポリゴン数に等しい。

稜線インデックステーブル 4 0 0 (図 1 3 (C)) は、格子ポリゴンモデルおよび曲面モデルの各稜線を頂点の対 (始点と終点) で表し、それらの頂点の頂点座標値テーブル 2 0 0 におけるインデックス値を保持する。曲面モデルの場合には、直線稜線を 3 次 B e z i e r 曲線に変換したときに現われる 2 つの制御点 (制御点 1 と制御点 2) の座標を持つ制御点座標値テーブル 5 0 0 (図 1 3 (D)) へのインデックス値が追加される。

【 0 0 2 0 】

図 1 0 は、本発明の第 1 の実施形態の機能構成を表す構成図である。

頂点算出手段 1 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0 と面インデックステーブル 3 0 0 で参照される格子ポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を算出する。この新しい頂点の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換により算出する。ここで求めた曲面モデルの頂点の座標値は、頂点座標値テーブル 2 0 0 の該当部分に格納する。

稜線決定手段 2 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0、面インデックステーブル 3 0 0、稜線インデックステーブル 4 0 0 の 3 つを参照し、格子ポリゴンモデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。この曲面モデルの稜線は 3 次 B e z i e r 曲線により表現されるため、生成された制御点の座標を制御点座標値テーブル 5 0 0 へ格納し、さらにそのテーブルへのインデックス値を稜線インデックステーブル 4 0 0 の該当する部分へ格納する。

曲面生成手段 3 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0、面インデックステーブル 3 0 0、稜線インデックステーブル 4 0 0 の 3 つを参照し、3 次 B e z i e r 曲線に囲まれた曲面モデルを G r e g o r y 曲面により内挿する。これにより、格子ポリゴンモデルと同じ位相構造を持った曲面モデルが生成される。

【 0 0 2 1 】

格子ポリゴンモデルを変換して得た結果の曲面モデルの頂点の座標値は、元の

格子ポリゴンモデルの頂点の座標値を線形変換した形で算出される。すなわち、元の格子ポリゴンモデルの頂点を V_i とし、 k_i を実数とすれば、新たな頂点の位置 P_j は、式 (1) の形で表現できる ($i = 1, 2 \dots n$; $j = 1, 2 \dots n$; n は頂点の数)。

また、線形変換には逆変換が定義できる。すなわち、頂点 V_i は式 (2) で算出可能となる。

【0022】

【数1】

$$P_j = \sum_{i=1}^n k_i V_i \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \text{式 (1)}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n L_j P_j \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{式 (2)}$$

【0023】

したがって、結果の曲面モデルの頂点の座標値から、元の格子ポリゴンモデルの頂点の座標値を逆に算出できる。算出された頂点間の稜線の形状を直線化すれば、元の格子ポリゴンモデルが生成できる。この結果、可逆な丸め操作が実現できることになる。さらには、この軽量の格子ポリゴンデータをネットワーク上に転送することで、そのデータを受け取ったクライアントPC側で本丸め操作を実行することにより、曲面モデルを生成し、さらには詳細なポリゴンモデルとして画面に表示することも可能となる。

【0024】

以下に、本実施形態の処理の流れを図11に基づいて、図1に示すような格子ポリゴンモデルを例にして詳細に説明する。

【0025】

(STEP1)

(I) 格子ポリゴンモデル (図1) を構成するすべての面Aを四辺形に分割する。このために、まず、ポリゴンを構成するすべての面Aの中心Cと稜線Bの中点Dを求める (図2)。面の中心は、面を構成する n 個の頂点 V_i の平均座標値を求めることで行う (この場合、各頂点に対して重みづけをしてもよく、重みづ

けをすると中心Cの位置や中点Dの位置が変わる)。図3に示すように、面Aの四辺形分割は、各稜線Bの中点Dと各面の中心Cをそれぞれ結ぶことで行う。

(I I) 生成された各四辺形Eを構成する頂点の中心Fを求めることにより、四辺形面Eの中心Fを求める(図4)。ここでも、中心Fの算出は各四辺形を構成する頂点の平均座標を求めることで行う(勿論、ここでも頂点に重みづけをしてもよい)。

(I I I) 図5に示すように、元の頂点Gに隣接する各四辺形面の中心Fを結び、多角形Hを生成する。この多角形Hを構成する頂点の中心P0を求める。ここでも中心の算出は各多角形を構成する頂点の平均座標値を求めることで行う(なお、ここでも重みづけをしてもよい)。この中心P0が元の格子ポリゴンモデルの頂点Gに対応する曲面モデルの頂点となる。中心P0は点Fの平均座標であり、点Fは点C、Dの平均座標であり、しかも点C、Dは元の格子ポリゴンモデルの頂点の平均座標である。従って、P0は元の格子ポリゴンモデルの頂点の線形変換により算出できる。

【0026】

(STEP 2)

(I) 求められた新たな頂点P0と、生成された多角形Hの稜線Iの中点Qを結ぶベクトルP0Qを定義する(図6)。

(I I) ここで決まるベクトルが新たに生成される曲線稜線の接線となるよう曲線の形状を決める。図7の直線稜線Bに対応する曲線形状を求める。曲線はP0、P3を端点とする。求められた新たな頂点P3と生成された多角形の稜線の中点Rとを結ぶベクトルP3Rを同様に定義しておき、図8で以下の関係となるように制御点P1、P2を決める。

【0027】

【数2】

$$P0P1 = \frac{4}{3} P0Q$$

$$P3P2 = \frac{4}{3} P3R$$

【0028】

(I I I) 制御点 P_0 , P_1 , P_2 , P_3 を順番に結んで、図 7 の元の稜線 B に対応する 3 次の B e z i e r 曲線を決定する。

【 0 0 2 9 】

(S T E P 3)

(I) 3 次元 C A D の基礎と応用 (共立出版) にあるように 3 次の B e z i e r 曲線に囲まれた曲面形状は公知の手法によって、G r e g o r y 曲面を用いることで (G r e g o r y パッチにより) 内挿することができる。これにより、曲面形状が決定し、曲面モデルの形状が確定する。

【 0 0 3 0 】

(実例)

図 9 (A) に格子ポリゴンモデル、図 9 (B) に本手法で生成した曲面モデルの例を示す。図 9 (A) の格子ポリゴンモデルと図 9 (B) の曲面モデルとは、点、線、面の全てにおいて 1 対 1 に対応しているので、図 9 (B) の形状に逆丸め操作を施すことにより、図 9 (A) の形状を生成することができる。

【 0 0 3 1 】

更に、本発明は上記の実施形態のみに限定されたものではなく、図 1 2 のようなコンピュータ構成によっても実施することができる。

入力手段 1 はキーボード、マウス、タッチパネル等により構成され、情報の入力に使用される。出力手段 2 は、種々の出力情報や入力手段 1 からの入力された情報などを出力させるものであって、表示装置やプリンタ等から構成される。C P U 3 は、種々のプログラムを動作させる。メモリ 4 は、プログラム自身を保持し、又そのプログラムが C P U 3 によって実行されるときに一時的に作成される情報等を保持する。記憶手段 5 は、プログラム、データやプログラム実行時の一時的な情報等を保持する。媒体駆動装置 6 は、プログラムやデータ等を記憶した記録媒体を装着してそれらを読み込み、メモリ 4 または記憶手段 5 へ格納するのに用いられる。又、直接データの入出力やプログラム実行するのに使ってもよい。

このようなコンピュータ構成において、図 1 0 に示した各手段の各機能をプログラム化し、予め C D - R O M 等の記録媒体に書き込んでおき、この C D - R O

MをCD-ROMドライブを搭載したコンピュータに装着して、コンピュータへそのプログラムをロードすることによって、本発明の実施形態と同様な機能を実現することができる。

尚、記録媒体としては半導体媒体（例えば、ROM、ICメモリカード等）、光媒体（例えば、DVD-ROM、MO、MD、CD-R等）、磁気媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）のいずれであってもよい。

また、本発明の機能を実現するプログラムは、媒体の形で提供されるのみならず、通信によって提供されるものであっても良い。

【 0 0 3 2 】

以下、本発明の第2の実施形態の構成および動作原理について説明する。

図14は、本発明の第2の実施形態の概要を示す図である。本手法では形状を表現する際、元の形状を荒く近似したポリゴンではなく、ラティス構造（格子ポリゴンモデル+丸め情報）を利用して、高い精度で曲面を表現する。ネットワーク上は軽量のラティス構造を転送する。第1の実施形態では、格子構造のみから丸め操作により曲面モデルを形成したが、本実施形態では、格子構造に加え、任意の格子点及び／又は稜線に対する丸め情報を付加して、そのデータから丸め操作を実行したり、ネットワーク上に転送してクライアントPC上でそのデータから丸め操作を実行するようにする。高速転送されたラティス構造を受け取ったPC上のラティスカーネルが、ラティス構造を解釈し、ここから曲面データを生成し、詳細なポリゴンモデルを用いて画面に表示することによりリアルなイメージを高速なCPUで再現する。ラティス構造を利用することで、VRMLとはけた違いに少ないデータでリアルなイメージを送ることが可能になる。ここでは、この新しいフォーマットをXVL（eXtended VRML with Lattice）と呼ぶ。このXVLデータは、インターネット上ではVRMLデータの場合と同様に、HTML或いはXMLファイル上に付加され参照される。

【 0 0 3 3 】

XVLを利用することで、

(1) ラティス構造（格子ポリゴンモデル+丸め情報）により形状を表現することで、細分化したポリゴンデータや曲面データと比較して、3D形状を軽量のデ

ータとして表現し、

(2) 3Dモデリングソフトに、ラティス構造からサーフェス構造（曲面モデル）に変換する機能（丸め機能）を持たせることで、リアルなサーフェス構造を持った形状を容易にデザインし、

(3) サーフェス構造をラティス構造に変換する機能（逆丸め機能）を持つことで、既存の曲面データのXVL形式への変換を容易にし、

(4) ビューワ側に、ラティス構造からサーフェス構造に変換する機能（丸め機能）を内包することで、高速に転送可能な軽量のXVLファイルを解釈し、高品位な3D表示を可能とする、

という特徴を持った、3Dデータの表現と転送が可能となる。

【0034】

図15は、本実施形態における処理の実装を説明するための図である。本発明のXVLフォーマットを用いて実際に形状データを処理すると、VRMLフォーマットに比べ、数10分の1のデータ量（第1の実施形態の場合；第2の実施形態の場合には多くとも第1の実施形態の場合の4/3倍のデータ量）のXVLとして表現でき、このデータをネット転送することで、高速かつリアルな3Dデータのネット転送が可能となる。

サーバ41は、XVLフォーマットでデータを入力する場合に使用するXVL入力装置51と、既存曲面データに本発明の逆丸め操作を適用して、XVLファイル生成するXVL変換装置52とを有し、ネットワーク42を通じて、XVLファイルを配信する。一方、クライアントPC43、44は、ラティス構造からサーフェス構造へと丸め操作を実行するXVL展開装置53を有する。さらにクライアントPC44のように、XVL変換装置52、XVL入力装置51を有するように構成し、既存の曲面データの変換や新たなXVLフォーマットのデータの作成を行うようにしてもよい。さらに、各装置はソフトウェア化して構成してもよい。

【0035】

(XVLの表現形式)

図16は、本発明の第2の実施形態におけるXVLファイルに内包される形状

情報のデータ構造を示す図である。なお、格子ポリゴンモデルに関しては、第 1 の実施形態で記述したデータ構造と同様である。ここで、ラティス構造（格子ポリゴンモデル+丸めの情報）をファイルに記述する方法について説明する。まず、格子ポリゴンモデルは通常のポリゴンデータ（ここでは、格子ポリゴンデータと呼ぶ）として表現できる。すなわち、格子ポリゴンを構成する頂点の座標値の配列と、それらをどのようにつないで格子ポリゴンを構成するかを指定する頂点インデックス配列を用いて表現されている。X V L では格子の情報に加えて各頂点、稜線に丸め情報を持たせることで、曲面形状の細かい制御を行っている。これらの丸め情報は、頂点に対しては、頂点を指定するインデックス、頂点の丸め係数、稜線に対しては、稜線を指定するインデックス配列（稜線の両端の頂点のインデックス）、稜線の丸め係数、始点丸めベクトル（稜線の始点側の接線ベクトルの方向を決めるベクトル）、終点丸めベクトル（稜線の終点側の接線ベクトルの方向を決めるベクトル）、で構成されている。インデックスはともに格子ポリゴンデータを構成する頂点の座標値配列上での番号を表している。

【 0 0 3 6 】

丸め係数は生成される曲面形状の、指定した格子の頂点・稜線に対応する部分がどの程度格子に近くなるかを指定する。丸め係数を 0 に近くすると格子の近くになるように曲面形状が生成され、丸め係数を大きくすると大きく丸まった形状となる。稜線丸め情報の始点／終点丸めベクトルは曲面モデルに逆丸めを行って格子構造を生成した場合に使用される。これらは一般的な 3 次 B e z i e r 曲線を丸めで表すための情報で、曲線の始点／終点の接線ベクトルを決める働きをする。一般的な形状モデルを 3 次 B e z i e r 曲線または直線を幾何形状に持つ稜線のみで構成される曲面モデルに変換できればこれを X V L 形式で記述することができ、この場合には稜線丸め情報に始点／終点丸めベクトルが付加される。

【 0 0 3 7 】

以下に、本実施形態の処理の流れを第 1 の実施形態での説明に追加する形で、図 1 に示すような格子ポリゴンモデルを例にして詳細に説明する。

第 1 の実施形態における S T E P 1 (I I) では、生成された各四辺形を構成する頂点の中心（頂点の平均座標値）を求めることにより、四辺形面の内部に新

たな頂点を算出している（図4）。

丸め係数は、この新たな頂点の算出方法を変化させる値である。丸め係数を指定した場合の各四辺形面内部の新たな頂点は、図17に示すように、各四辺形面内の u v パラメータ平面上で u と v の値を標準から変えることにより算出する。なお、丸め係数を標準値にした場合の u , v は 0.5 とする。

【0038】

例えば、元の頂点 G の丸め係数を 0.2（標準値より低い値）に設定した場合には、各四辺形面の u , v のパラメータ値をそれぞれ 0.2 にする。これにより、STEP 1 により作成される曲面モデルの頂点は、対応する格子モデル（格子ポリゴンモデル）の頂点に近づき、標準の場合よりも尖り格子ポリゴンモデルに近づいた曲面モデルが生成される。逆に頂点の丸め係数を標準値より高い値に設定した場合は、その頂点に関し、標準の場合よりも格子ポリゴンモデルに遠い、より丸みを帯びた形状の曲面モデルが生成される。

また、頂点の丸め係数ではなく、元の稜線 B の丸め係数（稜線 B の中点 D の丸め係数）を標準値より低い値に設定した場合には、稜線 B に関わる各四辺形の u' , v' のパラメータ値を低い値にする。これにより、STEP 1 により作成される曲面モデルの稜線は、対応する格子モデル（格子ポリゴンモデル）の稜線 B に近づき、標準の場合よりも尖り格子ポリゴンモデルに近づいた曲面モデルが生成される。逆に稜線の丸め係数を標準値より高い値に設定した場合は、その稜線に関し、標準の場合よりも格子ポリゴンモデルに遠い、より丸みを帯びた形状の曲面モデルが生成される。

【0039】

（実例）

図9（A）に示す格子ポリゴンモデルに丸め情報を付加した元のラティスモデルに対し、本実施形態で生成したサーフェスモデルは、図9（B）に示したものに頂点及び／又は稜線に関して丸みを或いは尖りを与えた形状となる。この図9（B）に対応する形状に逆の丸め操作を施すことにより、図9（A）の形状が生成される。また、図9（A）の形状をXVL形式にて表現することで、出力データを極めて少なくすることができる。

【 0 0 4 0 】

図 1 8 は、X V L 形式で表現された人間のモデル及びそのシェーディング表示の例を示す図である。図 1 8 (A) で表現された X V L は軽量（本例では 4 4 K バイト）であるため、ネットワーク環境でも簡単に転送することができる。また、このラティスモデルからサーフェスモデルを生成し、これをシェーディング表示したのが図 1 8 (B) である。この仕組みをビューワとして実装すれば、ネットワーク上の X V L を読み込み、リアルな 3 D 表示を行うことができる。また、X V L での形状からサーフェスモデルを生成し、R P (Rapid Prototyping) 装置用のデータを出力すれば、図 1 9 に示すように実モデルを生成することができる。また、サーフェスモデルから C A M 用のデータを生成すれば、このような実モデルを加工することもできる。

【 0 0 4 1 】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、点、線、面の全てにおいて、元のポリゴンに対して 1 対 1 に対応した曲面モデルを生成するようにしているので、完全に可逆性を持った丸め操作を実現できる。ポリゴンモデルと曲面モデルが同一位相を持つため、元のポリゴンモデルに与えた属性を継承することができる。すなわち、格子ポリゴンモデルに与えた色やテクスチャといった属性を曲面モデルに継承させることが可能である。これは従来の方法では実現困難なメリットである。

【 0 0 4 2 】

本発明の X V L 形式によれば、サーフェス構造を内包するラティス構造を保持しているので、品質の高いデータを保持しながら、少ないデータ量で形状表現が可能であるというメリットがある。

【 0 0 4 3 】

本発明の X V L によれば、ラティス構造（格子情報＋丸め情報）により定義される内挿曲面を用いて、曲面情報を表現することで、データの軽量化を実現しつつ、ある程度の精度を維持している。データ量が少ないために、ネットワーク環境で利用でき、曲面としてのデータ表現も可能なため、X V L データを C A D /

CAMでも利用可能であるというメリットを持つ。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 入力される格子ポリゴンモデルを示す図である。

【図 2】 格子ポリゴンモデル内の面の中心と稜線の中点の生成法を説明するための図である。

【図 3】 格子ポリゴンモデルの四辺形分割例を示す図である。

【図 4】 生成された四辺形の中心の算出方法を説明するための図である。

【図 5】 曲面モデルの頂点の算出方法を説明するための図である。

【図 6】 曲面モデルの稜線の接線の算出方法を説明するための図である。

【図 7】 曲面モデルの決定方法を説明するための図である。

【図 8】 制御点 P 1, P 2 の決定方法を説明するための図である。

【図 9】 本発明によって生成された曲面モデルの例を示す図である。

【図 10】 本発明の第 1 の実施形態の機能構成を表す構成図である。

【図 11】 本発明の第 1 の実施形態の処理の流れを説明するための図である。

【図 12】 本発明をコンピュータ構成によって実施する場合の構成例を示す図である。

【図 13】 本発明で利用されるデータのデータ構造を示す図である。

【図 14】 本発明の第 2 の実施形態の概要を示す図である。

【図 15】 本発明の第 2 の実施形態における処理の実装を説明するための図である。

【図 16】 本発明の第 2 の実施形態における X V L ファイルに内包される形状情報のデータ構造を示す図である。

【図 17】 丸め係数の決定方法を説明するための図である。

【図 18】 X V L 形式で表現された人間のモデル及びそのシェーディング表示の例を示す図である。

【図 19】 実モデルの生成例を示す図である。

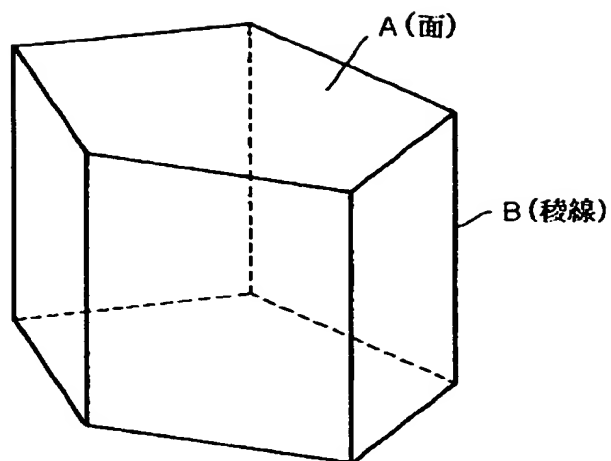
【符号の説明】

A…面、B, I…稜線、C…面の中心、D, Q, R…稜線の中点、E…生成され

た四辺形、F…算出された中心、G, G' …元の格子ポリゴンモデルの頂点、P
 0, P 3…曲面モデルの頂点、P 1, P 2…制御点、H…生成された多角形、1
 …入力手段、2…出力手段、3…CPU、4…メモリ、5…記憶手段、6…媒体
 駆動手段、10…頂点算出手段、20…稜線決定手段、30…曲面生成手段、4
 1…サーバ、42…ネットワーク、43, 44…クライアントPC、51…XV
 L入力装置、52…XVL変換装置、53…XVL展開装置。

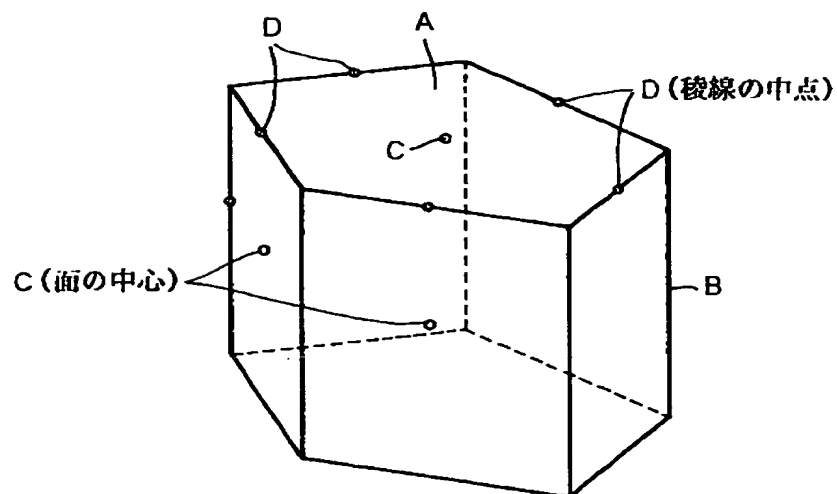
【書類名】 図面

【図 1】



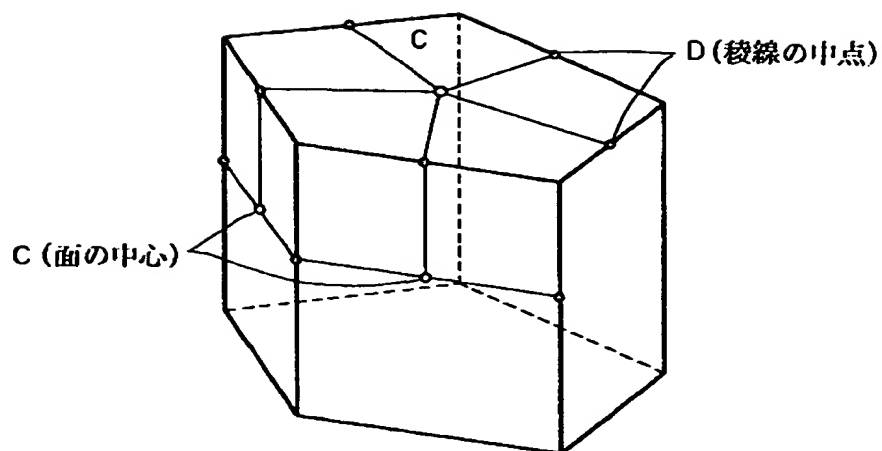
入力される格子ポリゴンモデル

【図 2】



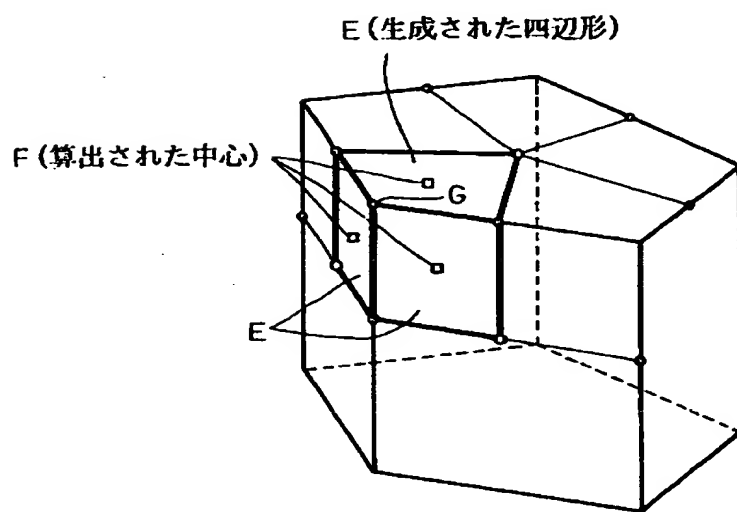
格子ポリゴンモデル内の面の中心と稜線の中点の生成

【図 3】



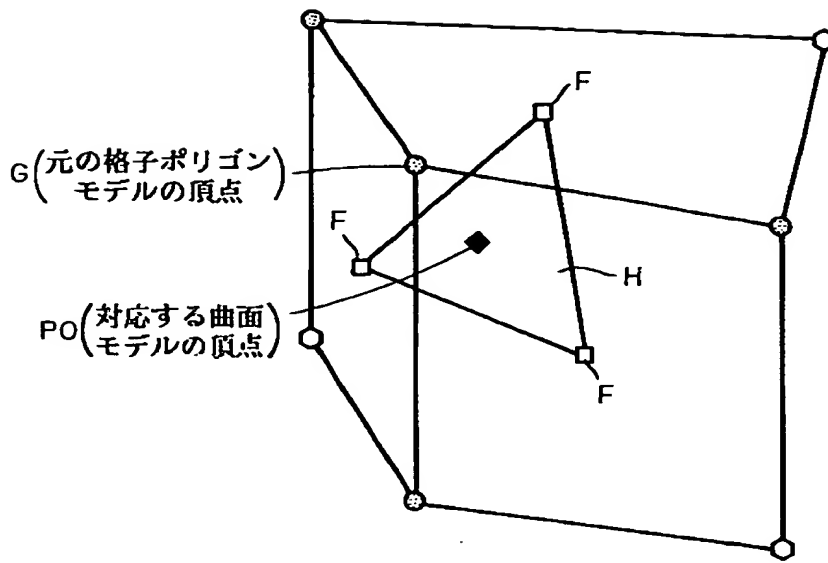
格子ポリゴンモデルの四辺形分割

【図 4】



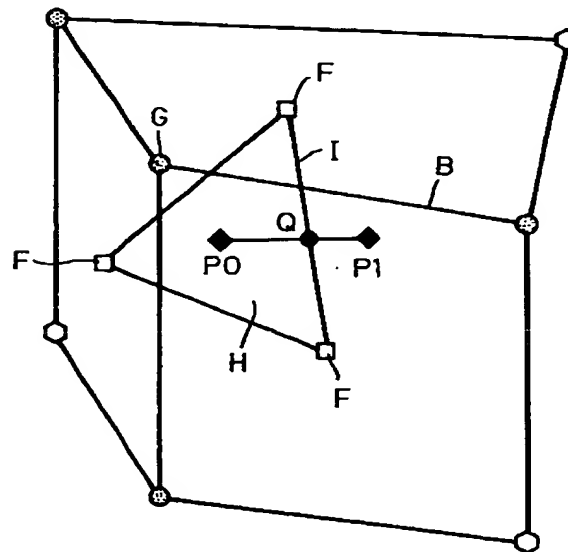
生成された四辺形の中心の算出

【図5】



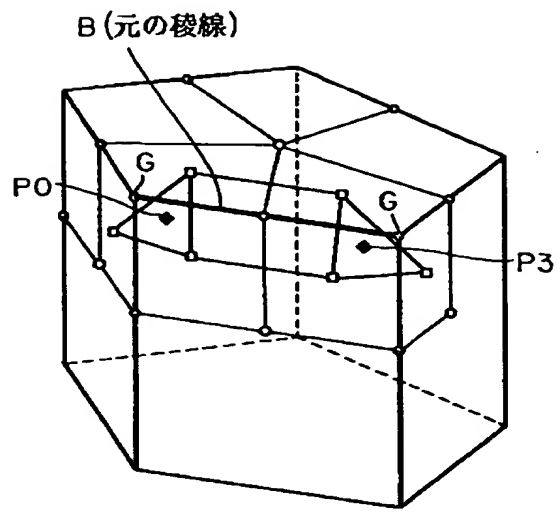
曲面モデルの頂点の算出

【図6】



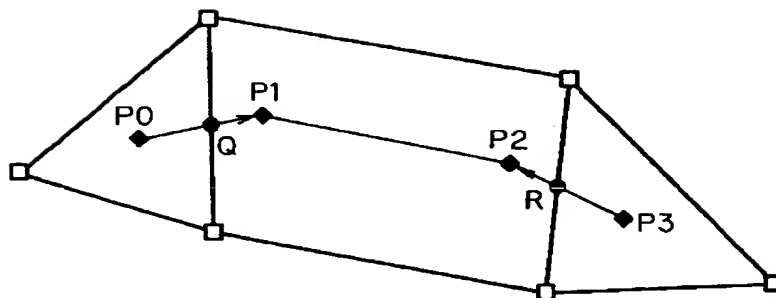
曲面モデルの稜線の接線の算出

【図 7】



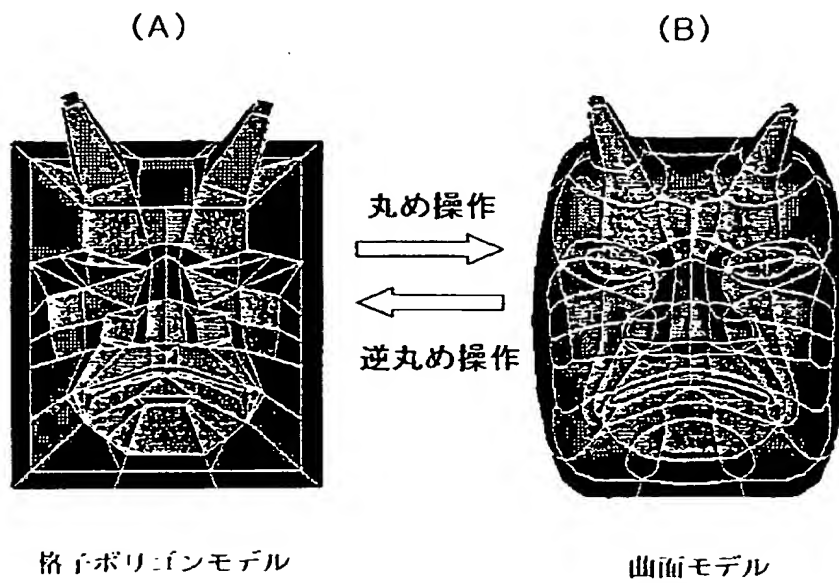
曲線モデルの決定

【図 8】



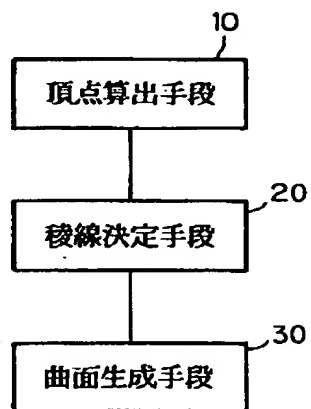
制御点P1,P2の決定

【図 9】

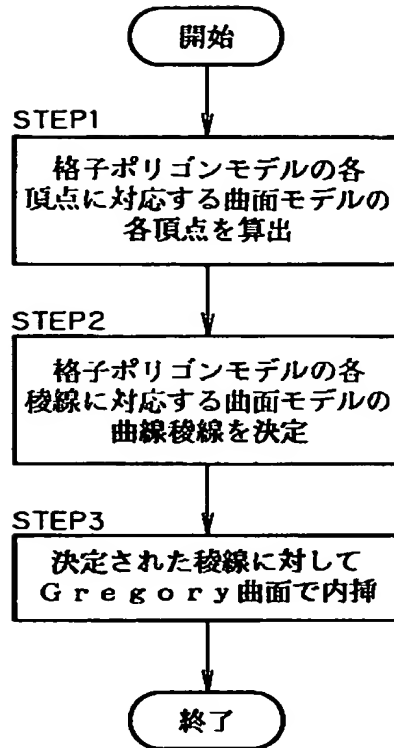


本手法で生成された曲面モデルの例

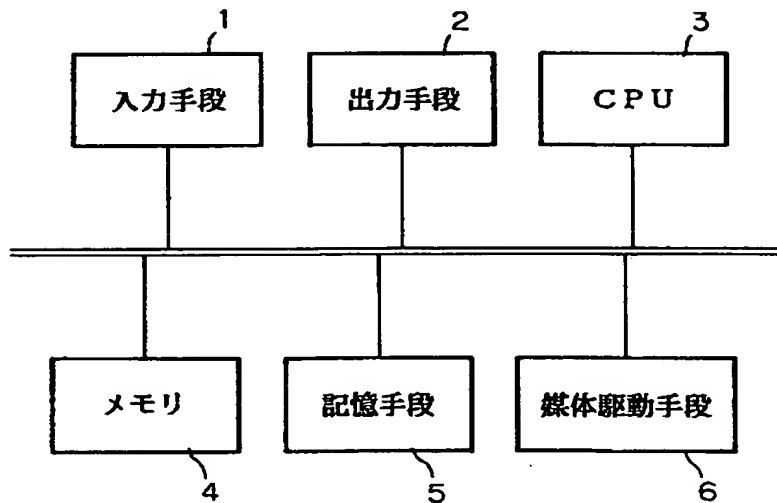
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 1 3】

(A) 頂点座標値テーブル200

インデックス値 ↓	格子ポリゴンモデル の(x, y, z)座標値	曲面モデルの (x, y, z)座標値
P 0		
P 1		
P 2		
⋮		
P n		

(B) 面インデックステーブル300

各行は頂点座標値
テーブルへの
インデックス値の列

P 0	P 1	P 2		
P 2	P 1	P 7	P 5	
P 5	P 7	P 3	P 8	P 4

(C) 稜線インデックステーブル400

各行は頂点座標値
テーブルへの
インデックス値の列

始点	終点	制御点1	制御点2
P 0	P 1	C 0	C 1
P 1	P 2	C 2	C 3
P 2	P 3	C 4	C 5

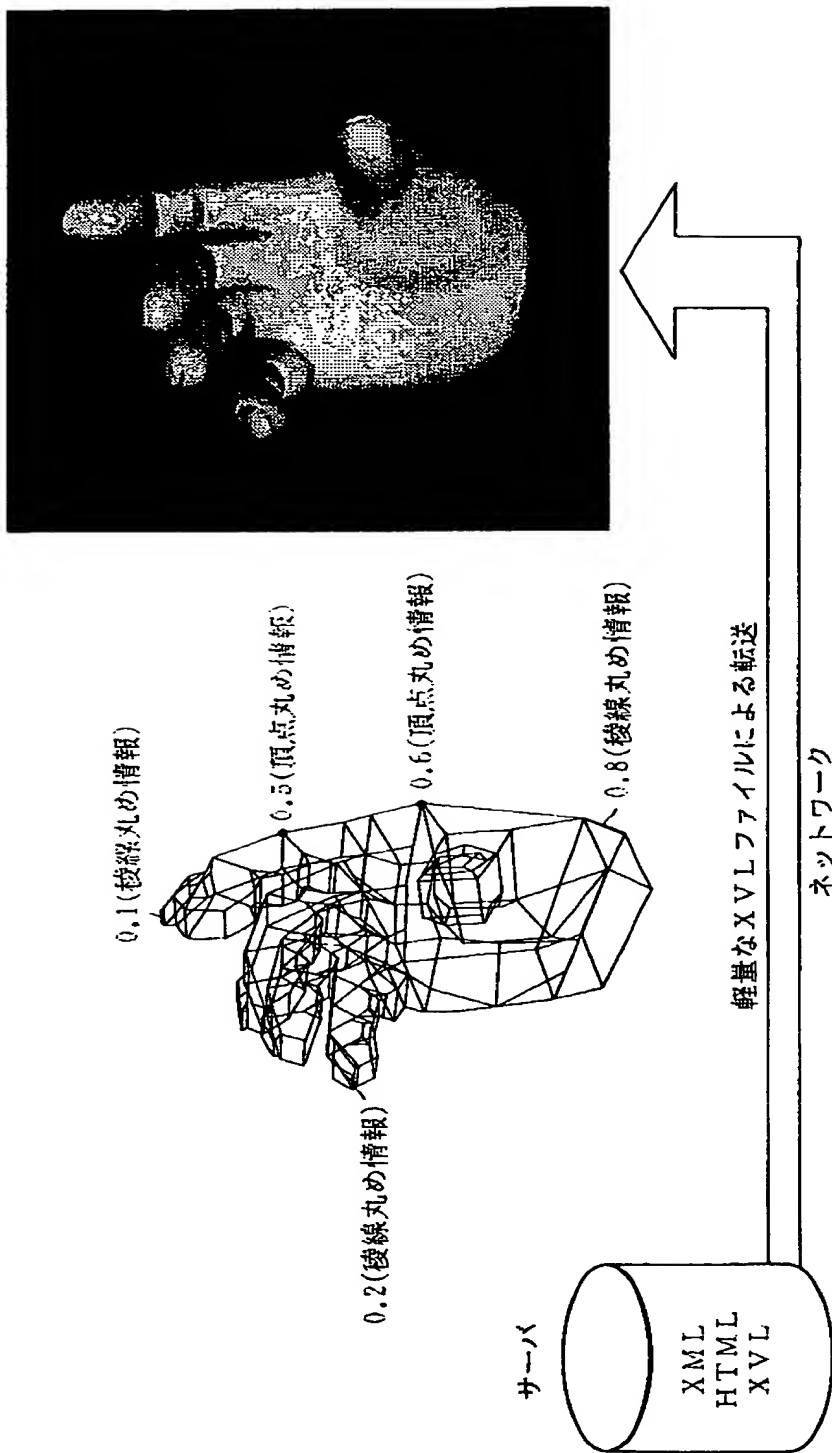
(D) 制御点座標値テーブル500

インデックス値 ↓	(x, y, z)座標値
C 0	
C 1	
C 2	
⋮	
C k	

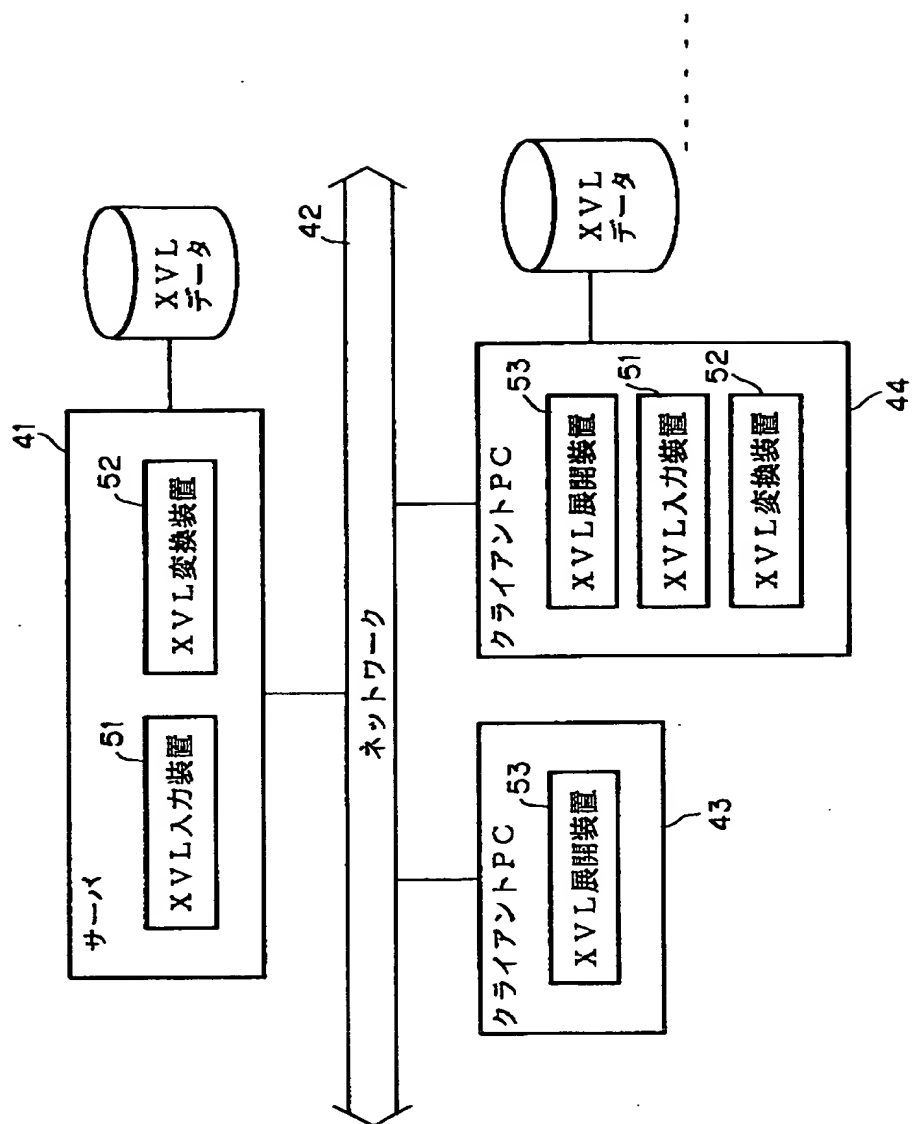
【図14】

クライアントPC

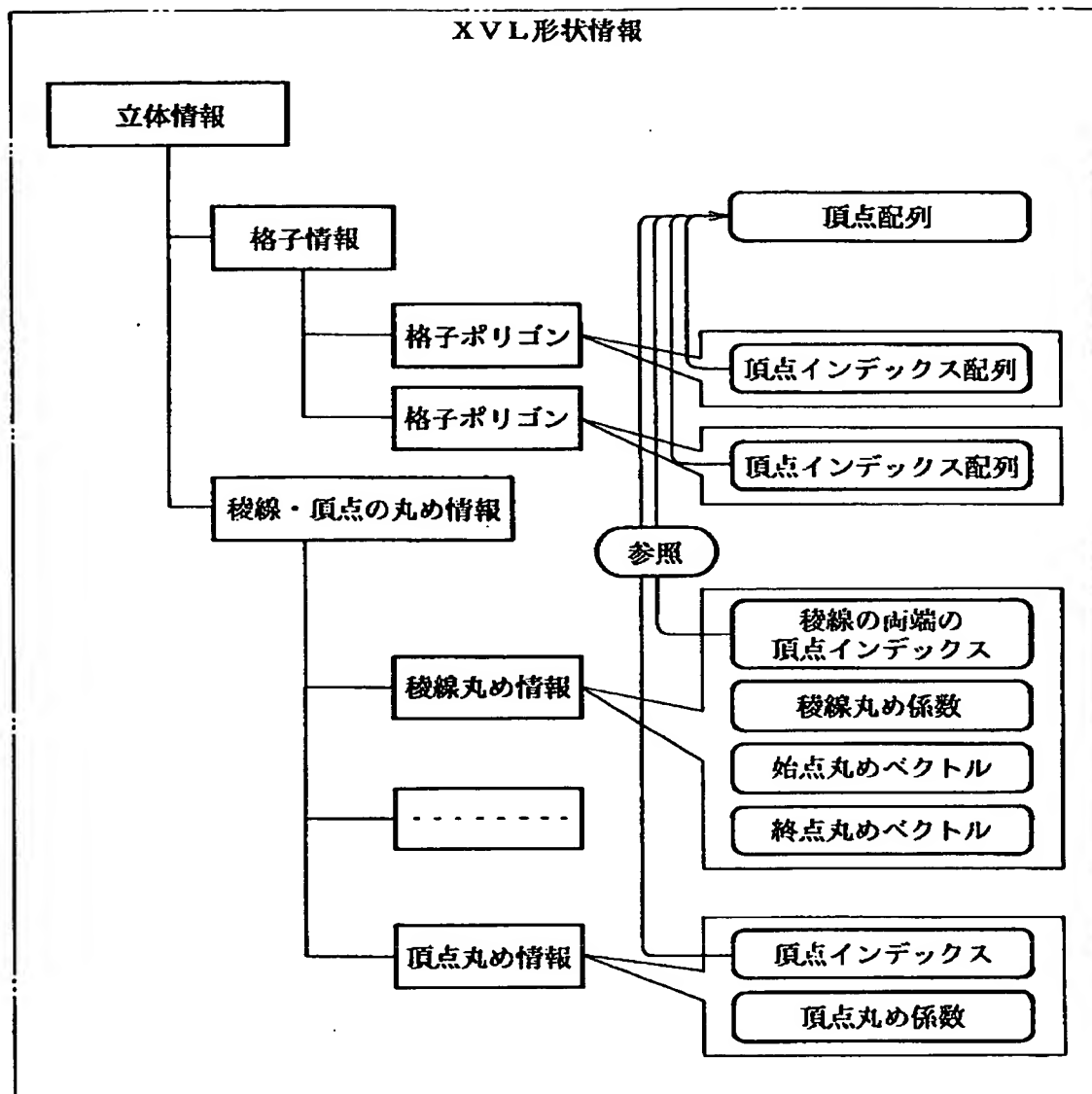
XVLファイル中のラティス構造を
サーフェイスとして解釈し、リアルに表示



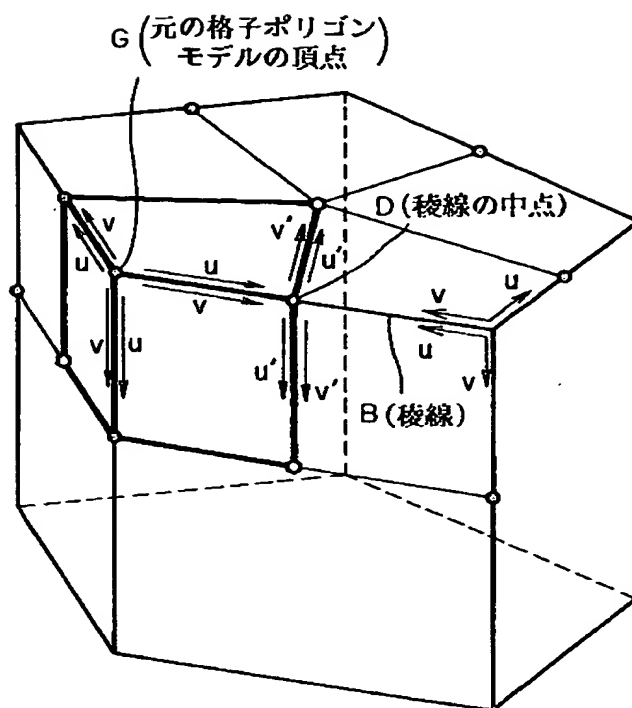
【図15】



【図16】



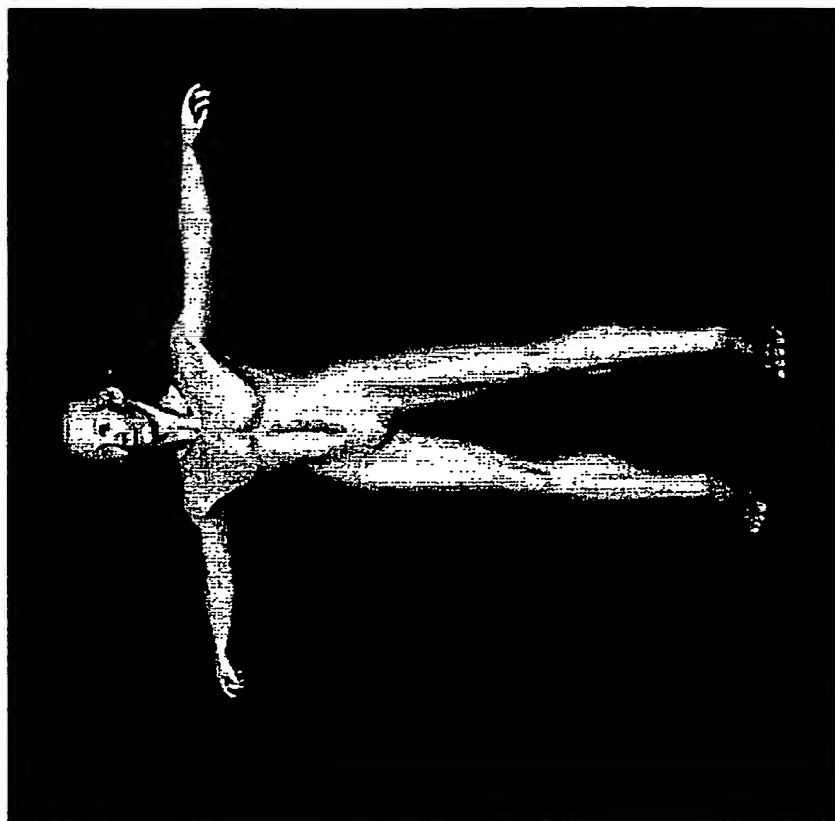
【図 17】



丸め係数の決定

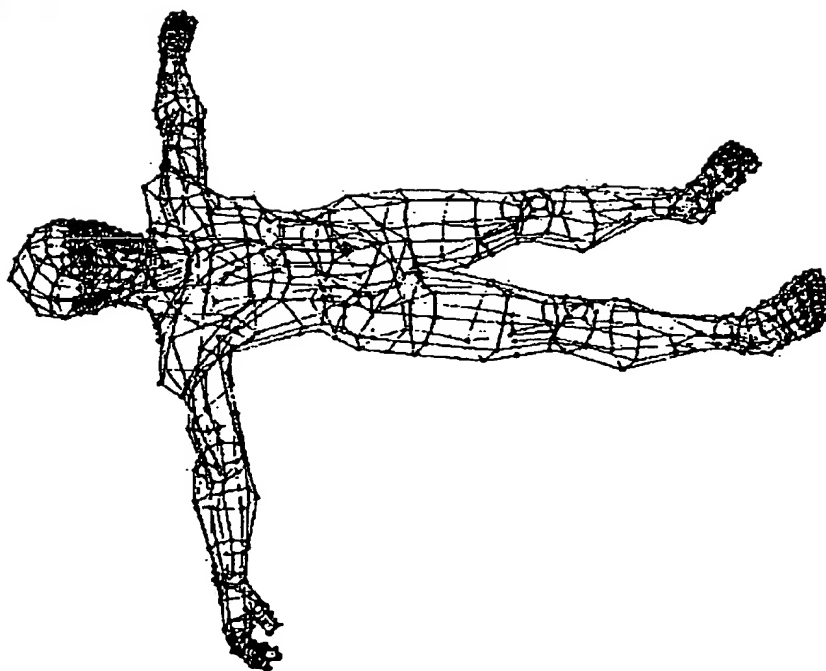
【図18】

(B)



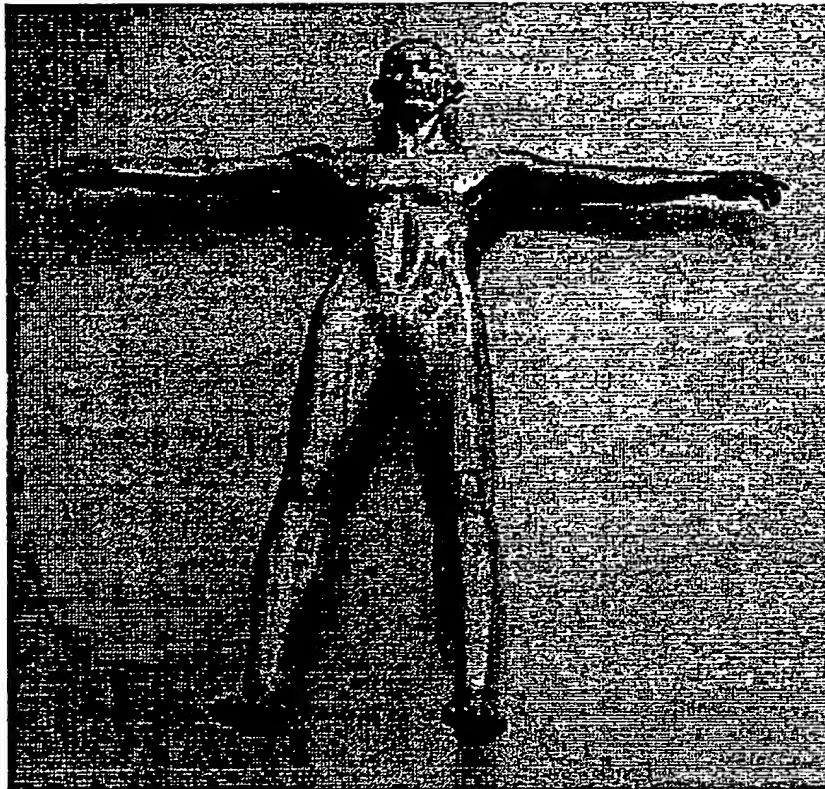
サーフェイスデータのシェーディング

(A)



XVL表見:44K

【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より厳密な曲面モデルを生成することのできる、完全に可逆性をもった丸め操作を提供する。

【解決手段】 格子ポリゴンモデルの各頂点Gに対し、これに対応する曲面モデルの頂点P0を算出する。この新しい頂点P0の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換で算出する。格子ポリゴンモデルの各稜線Bに対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。稜線は3次のBezier曲線により表現する。さらに、3次のBezier曲線に囲まれたモデルをGregory曲面により内挿する。これにより、格子ポリゴンモデルと同じ位相構造をもった曲面モデルが生成される。さらに、格子ポリゴンモデルに任意の頂点、稜線の丸め情報をもたせたラティスモデルからも同様に曲面モデルが生成可能となる。

【選択図】 図7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
氏 名 株式会社リコー

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [598076605]

1. 変更年月日 1998年 6月10日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区南青山2-13-7MATRICE4F

氏 名 ラティス・テクノロジー株式会社